



#4f

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Takashi MASUYUKI

Group Art Unit: 2612

Application No.: 09/865,606

Filed: May 29, 2001

Docket No.: 109668

For: EXPOSURE METHOD, EXPOSURE APPARATUS, AND PROCESS OF PRODUCTION
OF DEVICE**CLAIM FOR PRIORITY**Director of the U.S. Patent and Trademark Office
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2000-161427 filed May 31, 2000

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

 X is filed herewith. was filed on in Parent Application No. filed . will be filed at a later date.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

James A. Oliff

Registration No. 27,075

Thomas J. Pardini

Registration No. 30,411

JAO:TJP/mlb

Date: October 18, 2001

OLIFF & BERRIDGE, PLC
P.O. Box 19928
Alexandria, Virginia 22320
Telephone: (703) 836-6400

DEPOSIT ACCOUNT USE
AUTHORIZATION
Please grant any extension
necessary for entry;
Charge any fee due to our
Deposit Account No. 15-0461



06619 US

前記 出願

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 5月31日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-161427

出 願 人

Applicant(s):

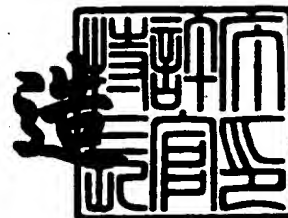
株式会社ニコン

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 4月27日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 00-00520

【提出日】 平成12年 5月31日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明の名称】 露光方法及び露光装置並びにデバイス製造方法

【請求項の数】 12

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

【氏名】 舩行 崇

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

【識別番号】 100097180

【弁理士】

【氏名又は名称】 前田 均

【代理人】

【識別番号】 100099900

【弁理士】

【氏名又は名称】 西出 眞吾

【選任した代理人】

【識別番号】 100111419

【弁理士】

【氏名又は名称】 大倉 宏一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 043339

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9724186

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 露光方法及び露光装置並びにデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 露光対象としての基板をパルス光が照射される方向の複数の位置でそれぞれ該パルス光による該基板に対する露光量を異ならせつつ、パターンが形成されたマスクを介して該基板の同一箇所を複数回露光する露光方法において、

前記複数の位置のうち前記露光量が最大となる位置における前記パルス光の積算パルス数が所定のパルス数以上となるように、該パルス光のエネルギーを設定することを特徴とする露光方法。

【請求項 2】 前記所定のパルス数は、前記パルス光の各パルスのエネルギーのバラツキが平均化されて目標とする露光精度との関係で無視できる程度の数に設定されることを特徴とする請求項 1 に記載の露光方法。

【請求項 3】 パターンが形成されたマスクを照明するパルス光のエネルギーを調整する調整装置と、

前記マスクのパターンの像を基板に投影する投影光学系と、

前記基板を前記投影光学系の光軸に沿う光軸方向に移動するステージと、

前記ステージを前記光軸方向に段階的に移動するとともに、前記パルス光による露光量を該ステージの位置に応じて変化させつつ、前記基板の同一箇所に対して複数回露光するように制御する制御装置とを備えた露光装置において、

前記制御装置は、前記ステージの複数の位置のうち前記露光量が最大となる位置における前記パルス光の積算パルス数が所定のパルス数以上となるように、前記調整装置を制御することを特徴とする露光装置。

【請求項 4】 露光対象としての基板上のパターンが形成されたマスクを介して露光されるべき露光位置から投影光軸に直交する光軸直交面内でシフトしたシフト位置で、前記投影光軸に沿う光軸方向に所定範囲の有効検出領域を有するフォーカス検出装置により検出した検出値に基づいて、前記基板の前記光軸方向の位置を基準位置に一致するように移動する第 1 移動ステップと、

前記露光位置が前記マスクのパターンの像の投影位置に一致するように、前記

光軸直交面内で前記基板を移動する第 2 移動ステップと、

前記露光位置で前記フォーカス検出装置により検出した検出値に基づいて、前記基板の前記光軸方向の位置に前記基準位置が一致するように該基準位置を変更する変更ステップと、

前記フォーカス検出装置の検出値に従って前記基板を前記光軸方向に移動しつつ、前記マスクを介して前記基板の同一箇所を露光する露光ステップとを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 5】 前記露光ステップでは、前記基板を前記光軸方向に連続的に移動しつつ露光するようにしたことを特徴とする請求項 4 に記載の露光方法。

【請求項 6】 前記露光ステップでは、前記基板を前記光軸方向に段階的に移動しつつ、間欠的に複数回露光するようにしたことを特徴とする請求項 4 に記載の露光方法。

【請求項 7】 露光光により照明されたマスクのパターンの像を基板に投影する投影光学系と、

前記基板を前記投影光学系の光軸に沿う光軸方向に及び該光軸方向に略直交する光軸直交面内で移動するステージと、

前記光軸方向に所定範囲の有効検出領域を有し、前記投影光学系による投影位置における前記基板の前記光軸方向の位置を検出するフォーカス検出装置と、

前記基板上の前記マスクを介して露光されるべき露光位置から前記光軸直交面内でシフトしたシフト位置を前記投影位置に設定して前記フォーカス検出装置により検出した検出値に基づいて、前記基板の前記光軸方向の位置を基準位置に一致するように移動し、

前記露光位置を前記投影位置に設定して前記フォーカス検出装置により検出した検出値に基づいて、前記基板の前記光軸方向の位置に前記基準位置が一致するように該基準位置を変更し、

前記フォーカス検出装置の検出値に従って前記基板を前記光軸方向に移動しつつ、前記マスクを介して前記基板の同一箇所を露光するよう制御する制御装置とを備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 8】 前記制御装置は、前記基板を前記光軸方向に連続的に移動し

つつ露光するよう制御することを特徴とする請求項 7 に記載の露光装置。

【請求項 9】 前記制御装置は、前記基板を前記光軸方向に段階的に移動しつつ、間欠的に複数回露光するよう制御することを特徴とする請求項 7 に記載の露光装置。

【請求項 10】 前記フォーカス検出装置は、前記基板に照射されて該基板で反射された検出光の結像位置の前記基準位置からのずれを検出することにより前記基板の前記光軸方向の位置を検出するセンサ、及び該検出光の光路上に設けられた該検出光の該センサ上での結像位置を調整する基準位置調整装置を含むことを特徴とする請求項 7 に記載の露光装置。

【請求項 11】 請求項 1 又は 4 に記載の露光方法を用いて基板を露光するステップを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 12】 請求項 3 又は 7 に記載の露光装置を用いて基板を露光するステップを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、薄膜磁気ヘッド、半導体素子、液晶表示素子、撮像素子（CCD 等）を含むマイクロデバイス又はマスク（レチクルを含む）等を製造するためのリソグラフィ工程中使用される露光方法及び露光装置並びにこれらを用いたデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

薄膜磁気ヘッド、半導体装置、液晶表示装置等のマイクロデバイスの製造に際しては、マスクとしてのレチクルのパターンを投影光学系を介してフォトレジストが塗布された半導体ウエハやガラスプレート等の感光基板上の複数のショット領域に露光転写するために露光装置が用いられる。

【0003】

このような露光装置においては、露光処理を実施する前に、感光基板の投影光学系の光軸に沿う方向（Z 方向）の位置の検出を行い、該投影光学系の最良結像

面（ベストフォーカス）に合致するように感光基板をZ方向に移動する焦点合わせが実施される。

【0004】

感光基板のZ方向の位置は、例えば、感光基板の表面に斜めに露光光の波長と異なる波長の検出光を照射し、その反射光を光電検出するようにした斜入射光式のフォーカス検出装置により検出される。検出光は投影光学系の投影視野内のほぼ中心に位置する感光基板の表面の一部分にスポット像又はスリット像を形成する。このため、感光基板の表面が投影光学系の最良結像面に合致しているときに光電検出される反射光の受光位置を基準として、感光基板の表面の光軸方向の位置ずれ量、即ち、焦点ずれ量が光電検出された信号に基づいて計測される。そして、検出された焦点ずれ量が零になるように、感光基板をZ方向に移動するZステージが駆動制御されることにより焦点合わせが行われる。

【0005】

このような焦点合わせ（Z位置の検出及びZステージの駆動）は、一般に投影光学系の投影視野（投影位置）に露光処理すべきショット（露光位置）を設定した状態で行われるので、焦点の検出位置が投影視野の中心に設定されている場合には、該ショットの中心にて行われることになるが、積極的にあるいは何らかの事情により、該露光位置からシフトしたシフト位置（該ショットの中心から離間した位置）で行われる場合がある。以下、このようなシフト位置で焦点合わせを行う処理をシフトフォーカス法という。このシフトフォーカス法を行う場合としては、例えば、露光位置に配置されたウエハに対して計測点（検出光の照射位置）がウエハのエッジにかかってしまい、精度良い高さ計測ができない場合や段差を有するショット内の所定段差領域を基準として投影光学系の結像面に対して高さ方向（Z方向）の位置決めをする時、その所定段差領域に計測点が存在しない場合等が挙げられる。

【0006】

ところで、アスペクト比の大きいパターン（パターンの幅に対して深さ（レジスト厚）の大きい例えばコンタクトホールパターン等）を精度良く形成するための技術として、投影光学系の光軸に沿う方向（Z方向）に感光基板を連続的に移

動しながら露光光を照射する露光方法が知られている。以下、この露光方法を連続累進焦点法という。また、Z方向の複数位置に感光基板を段階的に位置決めしながら、各位置で露光光の照射をそれぞれの露光量を異ならせてそれぞれ行うようにした露光方法も提案されている。以下、この露光方法を段階累進焦点法という。このように、感光基板をZ方向に移動することにより、アスペクト比の大きいパターンを精度よく形成することができるのである。

【0007】

また、近時においては、露光精度の向上の要請に伴う露光光の短波長化や露光光の制御性の観点から、KrFエキシマレーザ（波長248nm）やArFエキシマレーザ（波長193nm）などのパルス光を照射する光源が採用されている。露光光源として、このようなパルスレーザ光源を用いる場合においては、パルス光は各パルス毎にエネルギーのバラツキを有するため、ある一定数（以下、「最小露光パルス数」と呼ぶ）以上の複数のパルス光で露光することにより、所望の露光量制御精度再現性を得るようにしている。この場合、例えば高感度レジストを露光する際には、設定露光量が小さいため、パルスレーザ光源からのレーザ光をそのまま使用したのでは、最小露光パルス数以上での露光ができない場合がある。そこで、このように設定露光量が小さいときには、例えば光路に設置された減光手段によりパルス光を減光することにより、最小露光パルス数以上のパルス数で露光できるようにしている。

【0008】

パルスレーザ光源を用いて、上述した累進焦点法を実施する場合には、各ショットについて、Z位置にかかわらず全体として、最小露光パルス数以上となるように、前記減光手段が制御されていた。

【0009】

また、上述したシフトフォーカス法を実施するとともに、上述した累進焦点法を実施する場合には、以下のように処理していた。即ち、感光基板をZ方向に対して直交する平面（XY平面）内で移動して、焦点の検出位置（通常、投影位置に等しい）にシフト位置が一致するように感光基板を設定して、フォーカス検出装置の基準位置に当該検出光による像が一致するように、感光基板をZ方向に移

動して焦点合わせを行う。その後、感光基板をXY平面内で移動して、投影位置に露光位置が一致するように感光基板を設定して、該フォーカス検出装置の検出値に基づいて感光基板をZ方向に連続的あるいは段階的に移動しながら、露光処理を実施する。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

露光光源としてパルスレーザ光源を用いて、感光基板をZ方向に段階的に移動しつつ、各位置でそれぞれ露光を行うようにした段階累進焦点法を実施する場合、従来は、一つのショットに対して複数回の露光を行うことにより全体として、最小露光パルス数以上となるようにしていたので、各位置のそれぞれの露光処理について、必ずしも最小露光パルス数以上とはならないため、十分な露光量制御精度再現性を得ることができない場合があった。

【0011】

また、シフトフォーカス法を採用するとともに、上述した累進焦点法を実施する場合、露光位置とシフト位置との間に段差があると、フォーカス検出装置には、所定の有効検出範囲（例えば、基準位置を中心として上下に所定の範囲）があるので、露光位置では当該段差に応じた量だけ、基準位置から上又は下にずれた位置に検出光による像が投影されることになり、そのようなずれた位置を制御の基準として感光基板のZ方向の位置が移動されると、検出光による像が有効検出範囲外に出てしまう場合があり、検出に誤差を生じあるいは検出不能となる場合があった。

【0012】

よって、本発明の目的は、露光光としてパルス光を用いて段階累進焦点法を実施する場合に、十分な露光量制御精度再現性を実現することである。

【0013】

また、本発明の他の目的は、シフトフォーカス法を採用するとともに、上述した累進焦点法を実施する場合に、フォーカスの検出に誤差を生じたり、検出不能となることを防止することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】

以下、この項に示す説明では、本発明を、実施形態を表す図面に示す参照符号に対応つけて説明するが、本発明の各構成要件は、これら参照符号を付した図面に示す部材等に限定されるものではない。

【0015】

上記目的を達成するための本発明の露光方法は、露光対象としての基板（14）をパルス光（LB，IL）が照射される方向（Z）の複数の位置（Z1，Z2，Z3）でそれぞれ該パルス光（LB，IL）による該基板（14）に対する露光量（E1，E2，E3）を異ならせつつ、パターンが形成されたマスク（11）を介して該基板（14）の同一箇所を複数回露光する露光方法において、前記複数の位置（Z1，Z2，Z3）のうち前記露光量（E1，E2，E3）が最大となる位置（Z2）における前記パルス光（LB，IL）の積算パルス数（N2）が所定のパルス数（Nmin）以上となるように、該パルス光（LB，IL）のエネルギーを設定することを特徴とする。

【0016】

また、上記目的を達成するための本発明の露光装置は、パターンが形成されたマスク（11）を照明するパルス光（LB，IL）のエネルギーを調整する調整装置（3）と、前記マスク（11）のパターンの像を基板（14）に投影する投影光学系（13）と、前記基板（14）を前記投影光学系（13）の光軸（AX）に沿う光軸方向（Z）に移動するステージ（19）と、前記ステージ（19）を前記光軸方向（Z）に段階的に移動するとともに、前記パルス光（LB，IL）による露光量（E1，E2，E3）を該ステージの位置（Z1，Z2，Z3）に応じて変化させつつ、前記基板（14）の同一箇所に対して複数回露光するように制御する制御装置（17，26，48，50，MC）とを備えた露光装置において、前記制御装置（17，26，48，50，MC）は、前記ステージ（19）の複数の位置（Z1，Z2，Z3）のうち前記露光量（E1，E2，E3）が最大となる位置（Z2）における前記パルス光（LB，IL）の積算パルス数（N2）が所定のパルス数（Nmin）以上となるように、前記調整装置（3）を制御することを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

本発明によると、光軸方向の複数の位置のうち露光量が最大となる位置は、露光精度に対する影響が最も大きいので、この位置における前記パルス光の積算パルス数を最小露光パルス数以上に設定することにより、パルス光の各パルスのエネルギーのバラツキに伴う露光量制御精度再現の悪化が抑制される。従って、精度の高いパターンを形成することが可能となる。

【 0 0 1 8 】

上記他の目的を達成するための本発明の露光方法は、露光対象としての基板（14）上のパターンが形成されたマスク（11）を介して露光されるべき露光位置（EP）から投影光軸（AX）に直交する光軸直交面（XY）内でシフトしたシフト位置（SP）で、前記投影光軸（AX）に沿う光軸方向（Z）に所定範囲の有効検出領域を有するフォーカス検出装置（31～47，50）により検出した検出値（SZ）に基づいて、前記基板（14）の前記光軸方向（Z）の位置を基準位置（z0）に一致するように移動する第1移動ステップ（ST22）と、前記露光位置（EP）が前記マスク（11）のパターンの像の投影位置に一致するように、前記光軸直交面（XY）内で前記基板（14）を移動する第2移動ステップと、前記露光位置（EP）で前記フォーカス検出装置（31～47，50）により検出した検出値（SZ）に基づいて、前記基板（14）の前記光軸方向（Z）の位置（z2）に前記基準位置が一致するように該基準位置を変更する変更ステップ（ST23）と、前記フォーカス検出装置（31～47，50）の検出値（SZ）に従って前記基板（14）を前記光軸方向（Z）に移動しつつ、前記マスク（11）を介して前記基板（14）の同一箇所を露光する露光ステップ（ST24）とを含むことを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

また、上記他の目的を達成するための本発明の露光装置は、露光光（LB，IL）により照明されたマスク（11）のパターンの像を基板（14）に投影する投影光学系（13）と、前記基板（14）を前記投影光学系（13）の光軸（AX）に沿う光軸方向（Z）に及び該光軸方向（Z）に略直交する光軸直交面（XY）内で移動するステージ（19，20）と、前記光軸方向（Z）に所定範囲の

有効検出領域を有し、前記投影光学系（１３）による投影位置における前記基板（１４）の前記光軸方向（Ｚ）の位置を検出するフォーカス検出装置（３１～４７，５０）と、前記基板（１４）上の前記マスク（１１）を介して露光されるべき露光位置（ＥＰ）から前記光軸直交面（ＸＹ）内でシフトしたシフト位置（ＳＰ）を前記投影位置に設定して前記フォーカス検出装置（３１～４７，５０）により検出した検出値（ＳＺ）に基づいて、前記基板（１４）の前記光軸方向（Ｚ）の位置を基準位置（ z_0 ）に一致するように移動し、前記露光位置（ＥＰ）を前記投影位置に設定して前記フォーカス検出装置（３１～４７，５０）により検出した検出値（ＳＺ）に基づいて、前記基板（１４）の前記光軸方向（Ｚ）の位置（ z_2 ）に前記基準位置が一致するように該基準位置を変更し、前記フォーカス検出装置（３１～４７，５０）の検出値（ＳＺ）に従って前記基板（１４）を前記光軸方向（Ｚ）に移動しつつ、前記マスク（１１）を介して前記基板（１４）の同一箇所を露光するよう制御する制御装置（１７，２６，４８，５０，ＭＣ）とを備えたことを特徴とする。

【００２０】

本発明によると、シフト位置に基板を移動して焦点合わせを実施した後に、露光位置でフォーカス検出装置の基準位置を基板の光軸方向の位置に一致するように変更した上で、基板を光軸方向に移動しながら露光を行う累進焦点法を実施するようにしたので、シフト位置と露光位置との間に段差があった場合であっても、当該露光位置においてフォーカス検出装置の有効検出範囲を逸脱してしまうことが無くなり、焦点の検出に誤差を生じたり、検出不能となるようなことが防止される。

【００２１】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態に係る露光装置について図面を参照して詳細に説明する。

【００２２】

図１は本実施形態の投影露光装置の概略構成を示しており、この露光装置は、露光用光源としてパルス光を射出するエキシマレーザ光源１を採用したステップ

・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置である。エキシマレーザ光源 1 からパルス発光されたレーザビーム L B は、シリンダレンズやビームエキスパンダ等で構成されるビーム整形光学系 2 により、後続のオプチカル・インテグレータ（ロットインテグレータ、又はフライアイレンズ等であって、同図ではフライアイレンズ）5 に効率よく入射するようにビームの断面形状が整形される。

【 0 0 2 3 】

エキシマレーザ光源 1 としては、K r F エキシマレーザ光源（発振波長 2 4 8 n m ）又は A r F エキシマレーザ光源（発振波長 1 9 3 n m ）等が使用される。

ビーム整形光学系 2 から射出されたレーザビーム L B は、エネルギー変調器 3 に入射する。エネルギー変調器 3 は、回転自在なレボルバ上に透過率（＝1－減光率）の異なる複数の ND フィルタを配置したものであり、そのレボルバを回転することにより、入射するレーザビーム L B に対する透過率を 1 0 0 % から複数段階で切り換えることができるようになっている。なお、そのレボルバと同様のレボルバを 2 段配置し、2 組の ND フィルタの組み合わせによってより細かく透過率を調整できるようにしてもよい。

【 0 0 2 4 】

エネルギー変調器 3 から射出されたレーザビーム L B は、光路折り曲げ用のミラー M を介してフライアイレンズ 5 に入射する。フライアイレンズ 5 は、後続のレチクル 1 1 を均一な照度分布で照明するために多数の 2 次光源を形成する。フライアイレンズ 5 は、照度分布均一性を高めるために、直列に 2 段配置してもよい。フライアイレンズ 5 の射出面には照明系の開口絞り（所謂 σ 絞り）6 が配置され、その開口絞り 6 内の 2 次光源から射出されるレーザビーム（以下、「パルス照明光 I L」と呼ぶ）は、反射率が小さく透過率の大きなビームスプリッタ 7 に入射する。ビームスプリッタ 7 を透過した露光光としてのパルス照明光 I L は、第 1 リレーレンズ 8 A を経て、複数のブラインド 9 A、9 B を有するレチクルブラインド機構の矩形の開口部を通過する。

【 0 0 2 5 】

ブラインド 9 A、9 B は、レチクルのパターン面に対する共役面の近傍に配置されている。また、ブラインド 9 A、9 B はパルス照明光 I L の光路に対して進

退方向に可動となっており、パルス照明光 I L によるレチクル 1 1 の照明領域を可変できるようになっている。

【 0 0 2 6 】

レチクルブラインド機構を通過したパルス照明光 I L は、第 2 リレーレンズ 8 B、及びコンデンサレンズ 1 0 を経て、レチクルステージ 1 5 上に保持されたレチクル 1 1 上の矩形の照明領域 1 2 R を均一な照度分布で照明する。レチクル 1 1 上の照明領域 1 2 R 内のパターンを投影光学系 1 3 を介して投影倍率 α (α は例えば $1/4$, $1/5$ 等) で縮小した像が、フォトレジストが塗布されたウエハ 1 4 上の露光領域 (ショット領域) 1 2 W に投影露光される。以下、投影光学系 1 3 の光軸 A X に平行な方向を Z 方向とし、その光軸 A X に垂直な平面内で、図 1 の紙面に垂直な方向を X 方向、X 方向に垂直な方向を Y 方向 (図 1 の紙面に並行な方向) として説明する。

【 0 0 2 7 】

レチクル 1 1 の姿勢は、レチクルステージ 1 5 上に固定された移動鏡、及び外部のレーザ干渉系 1 6 により検出され、ステージコントローラ 1 7 の指令に基づいてレチクルステージ駆動部 1 8 により微調整されるようになっている。

【 0 0 2 8 】

一方、ウエハ 1 4 は、不図示のウエハホルダを介して Z ステージ 1 9 上に載置され、Z ステージ 1 9 は X Y ステージ 2 0 上に載置されている。X Y ステージ 2 0 は、X 方向、Y 方向にウエハ 1 4 の位置決めを行う。

【 0 0 2 9 】

また、Z ステージ 1 9 は、ウエハ 1 4 の Z 方向の位置を調整すると共に、X Y 平面に対するウエハ 1 4 の傾斜角を調整する機能を有する。Z ステージ 1 9 上に固定された移動鏡、及び外部のレーザ干渉計 2 2 により計測される X Y ステージ 2 0 の X 座標、及び Y 座標がステージコントローラ 1 7 に供給され、ステージコントローラ 1 7 は供給された座標に基づいてウエハステージ駆動部 2 3 を介して X Y ステージ 2 0 の位置決めが制御される。

【 0 0 3 0 】

ステージコントローラ 1 7 の動作は、不図示の装置全体を統轄制御する主制御

系MCによって制御されている。Zステージ19上のウエハ14の近傍には、光電変換素子からなる照度むらセンサ21が常設され、照度むらセンサ21の受光面はウエハ14の表面と同じ高さに設定されている。照度むらセンサ21としては、遠紫外で感度があり、且つパルス照明光を検出するために高い応答周波数を有するPIN型のフォトダイオード等が使用できる。照度むらセンサ21の検出信号が不図示のピークホールド回路、及びアナログ／デジタル（A／D）変換器を介して露光コントローラ26に供給されている。

【0031】

ここで、図2を参照してフォーカス検出系（フォーカス調整系）について説明する。赤色、又は赤外域に帯域を有するブロードバンドな検出光DBは、スリット31を照明する。スリット31から出射した検出光DBは、レンズ系32、ミラー33、開口絞り34、対物レンズ35、及びミラー36を介して、ウエハ14の表面に対して斜めに投射される。このときスリット31の像がウエハ14上に結像される。そのスリット像の反射光DBは、ミラー37、対物レンズ38、レンズ系39、振動ミラー40、角度可変の平行平板ガラス（以後プレーンパラレルとする）42を介して、検出用のスリット44上に再結像される。

【0032】

フォトマルチプライヤ45はスリット44を透過してくるスリット像の光束を光電検出し、その光電信号を同期検波回路（PSD）47へ出力する。振動ミラー40は、ミラー駆動回路（M-DRV）41を介して発振器（OSC）46からの正弦波状の一定周波数の信号に応答して一定の角度範囲で振動させられる。これによって検出用スリット44上に再結像したスリット31の像は、スリットの長手方向と直交する方向に微小振動し、フォトマルチプライヤ45の光電信号は発振器46の周波数に対応して変調されたものになる。同期検波回路47は発振器46からの原信号を基準としてフォトマルチプライヤ45からの光電信号を位相検波し、その検波信号SZを処理回路（CPX）50とZステージ19のZ駆動回路（Z-DRV）48とに出力する。尚、スリット31及び検出用スリット44は、1つのスリットを有するものに限定されず、複数のスリットを有するもの（多点フォーカス検出系）であっても良い。

【 0 0 3 3 】

検波信号 S Z は、通常は、ウエハ 1 4 の表面が投影光学系 1 3 のベストフォーカス (B F) に一致しているときに零レベルとなるように設定されており、その状態からウエハ 1 4 が光軸 A X に沿って上方へ偏位しているときは正レベルとなり、逆方向に偏位しているときは負レベルとなるようなアナログ信号として出力される。Z 駆動回路 4 8 は、処理回路 5 0 からの制御信号 C S に従って、検波信号 S Z が零レベルになるように、Z ステージ 1 9 を駆動することができ、これによってウエハ 1 4 の自動焦点合わせを行うことができる。なお、段階累進焦点法を実施する場合には、検波信号 S Z がウエハ 1 4 を位置決めする複数の Z 位置に応じてそれぞれオフセットしたレベルとなるように、それぞれ Z ステージ 1 9 を段階的に駆動する。

【 0 0 3 4 】

処理回路 5 0 はプレーンパラレル 4 2 の光軸に対する傾きを調整する駆動部 (H - D R V) 4 3 へ駆動信号 D S を出力する。この駆動部 4 3 内には駆動用のモータと、プレーンパラレル 4 2 の傾き量をモニタするエンコーダとが含まれ、そのエンコーダからのアップダウンパルス出力 E S は処理回路 5 0 に供給されている。プレーンパラレル 4 2 の光軸に対する傾きを変更することにより、同期検波回路 4 7 の出力が零レベルとなる基準位置 (検出中心) を変更することができ、通常は、プレーンパラレル 4 2 の光軸に対する傾きは、ウエハ 1 4 の表面が投影光学系 1 3 の最良結像面 (ベストフォーカス B F) に一致しているときに、同期検波回路 4 7 から出力される検波信号 S Z が零レベルとなる角度 (予め、あるいは必要に応じて求める) に設定されている。

【 0 0 3 5 】

処理回路 5 0 は、図外の主制御系 M C の制御下で、自動焦点合わせ (オートフォーカス) を行う場合には、Z 駆動回路 4 8 に対してそのような指令信号 C S (ディスエーブルとしたフォーカスロック信号) を送ることで、Z 駆動回路 4 8 は同期検波回路 4 7 からの検波信号 S Z が零レベルとなるように、ステージ 1 9 をフィードバック制御する。このような自動焦点合わせは、累進焦点法を実施しない場合の露光位置で、あるいはシフトフォーカスを実施する場合のシフト位置で

行われる。

【 0 0 3 6 】

シフトフォーカスを実施する場合には、自動焦点合わせのサーボが静定して信号 S Z のレベルを処理回路 5 0 が読み込んで零レベルになったときに、処理回路 5 0 から Z 駆動回路 4 8 に対して、指令信号 C S (イネーブルとしたフォーカスロック信号) が送られ、Z ステージ 1 9 の駆動が禁止される。

【 0 0 3 7 】

再び、図 1 を参照する。ビームスプリッタ 7 で反射されたパルス照明光 I L は、集光レンズ 2 4 を介して光電変換素子よりなるインテグレータセンサ 2 5 で受光され、インテグレータセンサ 2 5 の光電変換信号が、不図示のピークホールド回路及び A / D 変換器を介して出力 D P (digit/pulse) として露光コントローラ 2 6 に供給される。インテグレータセンサ 2 5 の出力 D P と、ウエハ 1 4 の表面上でのパルス照明光 I L の照度 (露光量) との相関係数は予め求められて露光コントローラ 2 6 内に記憶されている。露光コントローラ 2 6 は、制御情報 T S をエキシマレーザ光源 1 に供給することによって、エキシマレーザ光源 1 の発光タイミング、及び発光パワー等を制御する。露光コントローラ 2 6 は、エネルギー変調器 3 をも制御する。

【 0 0 3 8 】

次に、この露光装置の光源 1 の詳細及びエネルギー制御系の構成につき図 3 を参照して説明する。エキシマレーザ光源 1 の内部において、レーザ共振器 1 a からパルスの放出されたレーザビームは、透過率が高く僅かな反射率を有するビームスプリッタ 1 b に入射し、ビームスプリッタ 1 b を透過したレーザビーム L B が外部に射出される。また、ビームスプリッタ 1 b で反射されたレーザビームが光電変換素子よりなるエネルギーモニタ 1 c に入射し、エネルギーモニタ 1 c からの光電変換信号が不図示のピークホールド回路を介して出力 E S としてエネルギーコントローラ 1 d に供給されている。

【 0 0 3 9 】

エネルギーモニタ 1 c の出力 E S に対応するエネルギーの制御量の単位は (m J / pulse) である。通常の発光時には、エネルギーコントローラ 1 d は、エネルギーモニ

タ 1 c の出力 E S が、露光コントローラ 2 6 より供給された制御情報 T S 中の 1 パルス当たりのエネルギーの目標値に対応した値となるように、高圧電源 1 e での電源電圧を制御し、この電源電圧に応じてレーザ共振器 1 a での 1 パルス当たりのエネルギーが決定される。これによって、エキシマレーザ光源 1 での 1 パルス当たりのエネルギーが、露光コントローラ 2 6 で指示された値となる。

【 0 0 4 0 】

エキシマレーザ光源 1 の 1 パルス当たりのエネルギーは通常、所定の中心エネルギー E 0 において安定化されているが、その中心エネルギー E 0 の上下に所定範囲で変化できるようになっている。また、エキシマレーザ光源 1 内のビームスプリッタ 1 b の外側には、露光コントローラ 2 6 からの制御情報に応じてレーザビーム L B を遮光するためのシャッタ 1 f も配置されている。

【 0 0 4 1 】

さらに、エネルギーモニタ 1 c の出力 E S がエネルギーコントローラ 1 d を介して露光コントローラ 2 6 に供給され、露光コントローラ 2 6 では、エネルギーコントローラ 1 c の出力 E S とインテグレータセンサ 2 5 の出力 D P との相関関係を求める。そして、露光時に露光コントローラ 2 6 は、所定の制御情報 T S をエネルギーコントローラ 1 c に送って、エキシマレーザ光源 1 にパルス発光を行わしめ、各パルス照明光毎にインテグレータセンサ 2 5 からの出力 D P を積算して、ウエハ 1 4 上での積算露光量を求める。そして、この積算露光量がウエハ 1 4 上のフォトレジストに対する設定露光量となるように、露光コントローラ 2 6 はエネルギー変調器 3 における透過率の調整、及びエキシマレーザ光源 1 における 1 パルス当たりのエネルギーの微調整を行う。

【 0 0 4 2 】

〔露光量制御処理〕

以下、本実施形態の投影露光装置において、ウエハ 1 4 の露光対象となっているショットを、Z 方向のベストフォーカスを含む範囲内の複数の位置（Z 位置）に段階的に位置決めしつつ、該ショットに対して間欠的に複数回露光を実施する段階累進焦点法を採用した場合の露光量制御動作について、図 4 及び図 5 を参照して説明する。

【0043】

ここでは、図4に示すように、Z方向の三箇所（Z1, Z2, Z3）において、それぞれ目標露光量がE1, E2, E3（ここでは、 $E2 > E1 > E3$ とする）となるような段階累進焦点法を用いた露光処理を実施するものとし、必要なパラメータは主制御系MCが備える記憶装置に事前に入力されているものとする。図4中の符号BFは投影光学系13のベストフォーカスを示している。但し、これらは単なる一例であり、Z方向の位置の数、各Z位置における目標露光量、ベストフォーカスBFと各Z位置の関係は、このような設定に限定されない。

【0044】

図5において、露光処理が開始されると（ST11）、まず、各Z位置のうちの目標露光量が最大に設定されているZ位置（最大露光量位置）を求め、この最大露光量位置における目標露光量に応じてレーザビームLBの1パルス当たりのエネルギーを設定する（ST12）。ここでは、露光量が最大であるのは位置Z2であるから、その目標露光量E2に基づいて1パルス当たりのエネルギーを設定する。

【0045】

次に、エキシマレーザ光源1に複数回（例えば、100回）、試験的にパルス発光を行わせて、インテグレートセンサ25の出力を積算することによって、間接的にウエハ14上での平均パルスエネルギー密度 p （ $\text{mJ} / (\text{cm}^2 \cdot \text{pulse})$ ）を計測する（ST13）。その後、最大露光量位置Z2における露光パルス数 $N2$ を、 $N = \text{cint}(E/p)$ に従って算出する（ST14）。ここで、 N はパルス数、 E は露光量、 cint は小数点以下1桁目の値を四捨五入する関数を表す。

【0046】

次に、その露光パルス数 N が、必要な露光量制御再現精度を得るための最小露光パルス数 N_{\min} 以上であるかどうかを判断する（ST15）。最小露光パルス数 N_{\min} は、レーザビームLBの各パルスのエネルギーのバラツキが平均化されて、目標とする露光精度との関係で無視できる最小のパルス数である。即ち、少なくとも N_{\min} 以上のパルス数を照射した場合の積算露光量が、何度繰り返

しても露光精度との関係でほぼ同じとみなせる（必要な露光量再現精度を得る）ような数である。最小露光パルス数 N_{min} は、エキシマレーザ光源 1 の設計仕様に基づいて理論的に決定することができ、あるいはエキシマレーザ光源 1 に複数回パルス発光を行わせて、センサ 1 c 又は 2 5 の出力に基づいて実験的に求めることができる。

【 0 0 4 7 】

ST 1 5 において、露光パルス数 N が最小露光パルス数 N_{min} と等しいか、あるいは最小露光パルス数 N_{min} よりも小さいと判断された場合には、エネルギー変調器 3 の設定を変更して、その透過率を低下させた後（ST 1 6）、即ち、エネルギー変調器 3 の ND フィルタを組み合わせ得られる透過率中より、露光パルス数 N が最小露光パルス数 N_{min} よりも大きくなるような透過率を選択して設定した後、ST 1 3 に戻る。

【 0 0 4 8 】

ST 1 5 において、露光パルス数 N が最小露光パルス数 N_{min} よりも大きいと判断された場合には、ウエハ 1 4 の表面を各 Z 位置のうちの一つに一致するように位置決めする（ST 1 7）。即ち、図 2 に示したフォーカス検出系の検波信号 S_Z が、零レベルからベストフォーカス B_F と Z 位置との間隔に相当する値に応じてオフセットされたレベルとなるように、Z ステージ 1 9 をフィードバック制御する。

【 0 0 4 9 】

ウエハ 1 4 の表面が Z 位置に位置決めされたならば、レーザビーム L_B の照射を開始して（シャッタ 1 f を開いて）、この Z 位置における露光量が該 Z 位置での目標露光量 E となるようなパルス数 N ($N = E / p$) に相当する時間の経過後に停止する（シャッタ 1 f を閉じる）（ST 1 8）。次いで、全ての Z 位置について露光が終了したか否かを判断して（ST 1 9）、終了していないと判断した場合には、ST 1 7 に戻って、残余（未処理）の Z 位置について同様に露光を繰り返し実施し、終了していると判断した場合には、一つのショットについての露光処理を終了する（ST 2 0）。

【 0 0 5 0 】

より具体的には、特に限定されないが、ここでは、Z 位置の低い順番（Z 1，Z 2，Z 3 の順）に露光を行うものとして、ウエハ 1 4 の表面が位置 Z 1 に位置決めされるように Z ステージ 1 9 を駆動制御して、この位置 Z 1 における露光量が目標露光量 $E 1$ となるようなパルス数 $N 1$ ($N 1 = E 2 / p$) に相当する時間だけレーザビーム L B を照射する。

【 0 0 5 1 】

次いで、同様にウエハ 1 4 の表面が位置 Z 2 に位置決めされるように Z ステージ 1 9 を駆動制御して、この位置 Z 2 における露光量が目標露光量 $E 2$ となるようなパルス数 $N 2$ ($N 2 = E 2 / p$) に相当する時間だけレーザビーム L B を照射する。なお、このパルス数 $N 2$ は、上述したように最小露光パルス数 N_{min} 以上となっている。

【 0 0 5 2 】

同様にウエハ 1 4 の表面が位置 Z 3 に位置決めされるように Z ステージ 1 9 を駆動制御して、この位置 Z 3 における露光量が目標露光量 $E 3$ となるようなパルス数 $N 3$ ($N 3 = E 3 / p$) に相当する時間だけレーザビーム L B を照射する。但し、この位置 Z 3 については、このショットに対する最後の露光になるので、インテグレートセンサ 2 5 による検出値に基づいて、このショットに対するトータルの積算露光量が ($E 1 + E 2 + E 3$) となった時点で露光を終了することが望ましい。

【 0 0 5 3 】

なお、一つのショットについての露光処理が終了したならば、ショット配列に従って、順次ウエハ 1 4 を X Y 方向にステップ移動しつつ、同様の露光処理が繰り返される。

【 0 0 5 4 】

[シフトフォーカス処理]

以下、本実施形態の投影露光装置におけるシフトフォーカス処理について、図 6 及び図 7 を参照して説明する。

【 0 0 5 5 】

パターンの投影位置とフォーカスの検出位置はほぼ一致しており、ウエハ 1 4

上の露光しようとしているショット（露光位置）を投影位置に設定した状態で、焦点合わせ、即ち、ウエハ14の表面のZ方向の位置の検出、Zステージによるウエハ14の表面のZ方向の位置決めが実施されるのが通常である。上述の説明においてもこれを前提としている。しかし、先に述べたような事情により、露光位置とは異なるシフト位置SPに投影位置（検出位置）を設定して焦点合わせを行った後に、露光位置を投影位置に設定して、露光処理を行う場合がある。

【0056】

このような場合において、露光位置とシフト位置との間にZ方向に段差があり、さらに、ウエハのZ方向の位置を連続的に移動しながら露光を実施する連続累進焦点法又は上述したような段階累進焦点法を採用した場合、フォーカス検出系がその基準位置から上下に、ベストフォーカスから最も離間したZ位置の最大離間量と該段差量とを加算した量に相当する有効検出範囲を、それぞれ有している必要がある。しかし、かかる有効検出範囲を大きくすることは検出精度やコスト面で不利益が大きく、十分な有効検出範囲を確保できない場合には、検出精度を犠牲にするか、あるいは累進焦点法の採用を断念せざるを得ない。

【0057】

そこで、この実施形態では、かかる不都合を以下のように処理することにより改善するようにしている。なお、図6中において、符号DBで示す白抜きの矢印は、フォーカス検出のための検出光を示している。また、図6に示されているように、ウエハ14の露光位置EP（ショット）と該露光位置EPから所定量だけシフトしたシフト位置SP（シフトフォーカス位置）の間には、Z方向にある高さをもった段差（BP）が存在しているものとする。尚、検出光を複数照射する多点フォーカス検出系の場合、ショット内のシフト位置（焦点合わせしたい位置）に一番近い検出光を用いてシフトフォーカスを行うことが望ましい。

【0058】

露光処理が開始されると（ST21）、まず、XYステージ20を駆動して、ウエハ14のシフト位置SPが、フォーカス検出系によるフォーカス検出位置（投影光学系13の投影位置（投影中心）に等しいものとする）に一致するようにウエハ14を移動する。この状態では、図6（A）に示されているように、ウエ

ハ 1 4 のシフト位置 S P における表面は、フォーカス検出系の基準位置としての原点 z_0 に通常は一致していない。ここでは、原点 z_0 よりも低い z_1 にあるものとする。

【 0 0 5 9 】

このシフト位置 S P で自動焦点合わせを実施する (S T 2 2)。具体的には、図 2 のフォーカス検出系において、検波信号 S R が零レベルとなるように、Z 駆動回路 4 8 により Z ステージ 1 9 が駆動される。換言すれば、ウエハ 1 4 のシフト位置 S P における表面の Z 方向の位置が原点 z_0 に一致するように移動（この場合は上昇）される。この状態が図 6 (B) に示されている。なお、この位置における自動焦点合わせが終了した時点で、処理回路 5 0 から Z 駆動回路 4 8 に対してフォーカスロックを指令する信号が送られて、Z 駆動回路 4 8 による Z ステージの駆動が停止される。即ち、ウエハ 1 4 の表面の位置は固定される。

【 0 0 6 0 】

次いで、X Y ステージ 2 0 を駆動して、ウエハ 1 4 の露光位置 E P が、フォーカス検出系による検出位置に一致するように、即ち、露光位置 E P が投影位置に一致するように、ウエハ 1 4 が移動される。この状態が図 6 (C) に示されている。ウエハ 1 4 の露光位置 E P とシフト位置 S P の間には段差 B M があるため、ウエハ 1 4 の露光位置 E P における表面は、該段差 B M に相当する分だけ低い z_2 に位置している。

【 0 0 6 1 】

次いで、この露光位置 E P で、フォーカス検出系の原点が変更される (S T 2 3)。具体的には、図 2 のフォーカス検出系において、検波信号 S R が零レベルとなるように、駆動部 4 3 によりプレーンパラレル 4 2 の光軸に対する傾きが変更される。換言すると、フォーカス検出系の原点が z_2 に設定される。この状態が図 6 (D) に示されている。

【 0 0 6 2 】

その後、連続累進焦点法又は段階累進焦点法に従った露光処理が実施されることにより、一つのショットに対する露光処理が終了する (S T 2 4)。次いで、全てのショットについて露光が終了したか否かを判断して (S T 2 5)、終了し

ていないと判断した場合には、S T 2 6 に進んで、フォーカス検出系の原点を元の状態に戻し（図 2 のプレーンパラレル 4 2 の光軸に対する傾きを S T 2 3 で変更する前の角度に戻して原点を z 0 に設定し）、S T 2 2 に戻って、残余（未処理）のショットについて同様に露光を繰り返し実施する。S T 2 5 で、終了していると判断した場合には、このウエハ 1 4 についての露光処理を終了する（S T 2 7）。

【 0 0 6 3 】

なお、以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするために記載されたものであって、本発明を限定するために記載されたものではない。従って、上記の実施形態に開示された各要素は、本発明の技術的範囲に属する全ての設計変更や均等物をも含む趣旨である。

【 0 0 6 4 】

例えば、上述した実施形態では、段階累進焦点法を用いた露光処理において、最も露光量の大きい Z 位置における露光パルス光 I L の積算パルス数を最小露光パルス数以上とするために、エネルギー変調器 3 により減光するようにしているが、エキシマレーザ光源 1 の設定エネルギーを変更することにより、あるいはこらを組み合わせることにより減光するようにしてもよい。また、フォーカス検出系としては、図 2 に示したようなものに限定されず、センサとして C C D などの撮像素子を備えたものを採用することができる。

【 0 0 6 5 】

上述した実施形態では露光用光源として、波長が 2 4 8 n m の K r F エキシマレーザ又は波長が 1 9 3 n m の A r F エキシマレーザを用いるものとしたが、それ以外に、例えば、F₂ レーザ（波長 1 5 7 n m）、A r₂ レーザ（波長 1 2 6 n m）、その他のパルス発光光源を用いることができる。

【 0 0 6 6 】

F₂ レーザを光源とする露光装置では一例として、照明光学系や投影光学系に使われる屈折光学部材（レンズエレメント）は全て蛍石とされ、かつレーザ光源、照明光学系、及び投影光学系内の空気は、例えばヘリウムガスで置換されるときともに、照明光学系と投影光学系との間、及び投影光学系と基板との間なども

ヘリウムガスで満たされる。また、レチクルは、蛍石、フッ素がドープされた合成石英、フッ化マグネシウム、 LiF 、 LaF_3 、リチウム・カルシウム・アルミニウム・フロライド（ライカフ結晶）又は水晶等から製造されたものが使用される。

【0067】

なお、エキシマレーザの代わりに、例えば波長 248 nm 、 193 nm 、 157 nm のいずれかに発振スペクトルを持つ YAG レーザなどの固体レーザの高調波を用いるようにしてもよい。

【0068】

また、DFB 半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザを、例えばエルビウム（又はエルビウムとイットリビウムの両方）がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いてもよい。

【0069】

例えば、単一波長レーザの発振波長を $1.51 \sim 1.59\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $189 \sim 199\text{ nm}$ の範囲内である 8 倍高調波、又は発生波長が $151 \sim 159\text{ nm}$ の範囲内である 10 倍高調波が出力される。特に発振波長を $1.544 \sim 1.553\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内とすると、 $193 \sim 194\text{ nm}$ の範囲内の 8 倍高調波、即ち ArF エキシマレーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られ、発振波長を $1.57 \sim 1.58\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内とすると、 $157 \sim 158\text{ nm}$ の範囲内の 10 倍高調波、即ち F_2 レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。

【0070】

また、発振波長を $1.03 \sim 1.12\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $147 \sim 160\text{ nm}$ の範囲内である 7 倍高調波が出力され、特に発振波長を $1.099 \sim 1.106\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内とすると、発生波長が $157 \sim 158\text{ nm}$ の範囲内の 7 倍高調波、即ち F_2 レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。なお、単一波長発振レーザとしてはイットリビウム・ドープ・ファイバーレーザを用いる。

【 0 0 7 1 】

投影光学系は縮小系だけでなく等倍系、又は拡大系（例えば、液晶ディスプレイ又はプラズマディスプレイ製造用露光装置など）を用いてもよい。更に投影光学系は、反射光学系、屈折光学系、及び反射屈折光学系のいずれを用いてもよい。

【 0 0 7 2 】

薄膜磁気ヘッドの製造に用いられる露光装置だけでなく、液晶表示素子などを含むディスプレイの製造に用いられる、デバイスパターンをガラスプレート上に転写する露光装置、半導体素子の製造に用いられる、デバイスパターンをセラミックウエハ上に転写する露光装置、撮像素子（CCDなど）及びマイクロマシンなどの製造に用いられる露光装置、フォトマスクの製造に用いられる露光装置等にも本発明を適用することができる。

【 0 0 7 3 】

複数のレンズから構成される照明光学系、投影光学系を露光装置本体に組み込み光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージや基板ステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、さらに総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより本実施形態の露光装置を製造することができる。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルーム内で行うことが望ましい。

【 0 0 7 4 】

半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいて、レチクルを製造するステップ、シリコン材料からウエハを製造するステップ、上述した実施形態の露光装置等を含むリソグラフィ・システムによりマスクのパターンをウエハに露光転写するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。

【 0 0 7 5 】

【発明の効果】

以上説明してきたように、本発明によると、露光光としてパルス光を用いて段

階累進焦点法を実施する場合に、十分な露光量制御精度再現性を実現することができるので、アスペクト比の大きいパターンを含めて精度のよいパターンを形成することができるようになるという効果がある。

【 0 0 7 6 】

また、シフトフォーカス法を採用するとともに、累進焦点法を実施する場合に、フォーカス検出装置として有効検出範囲の広いものを採用することなく、フォーカスの検出に誤差を生じたり、検出不能となることを防止することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施形態に係る露光装置の全体構成の概略を示す図である。

【図 2】 本発明の実施形態に係る露光装置のフォーカス検出系の詳細構成を示す図である。

【図 3】 本発明の実施形態に係る露光装置の光源の構成及びエネルギー調整系の構成を示す図である。

【図 4】 本発明の実施形態の露光量制御処理を説明するための図である。

【図 5】 本発明の実施形態の露光量制御処理の要部を示すフローチャートである。

【図 6】 本発明の実施形態のシフトフォーカス処理を説明するための図である。

【図 7】 本発明の実施形態のシフトフォーカス処理の要部を示すフローチャートである。

【符号の説明】

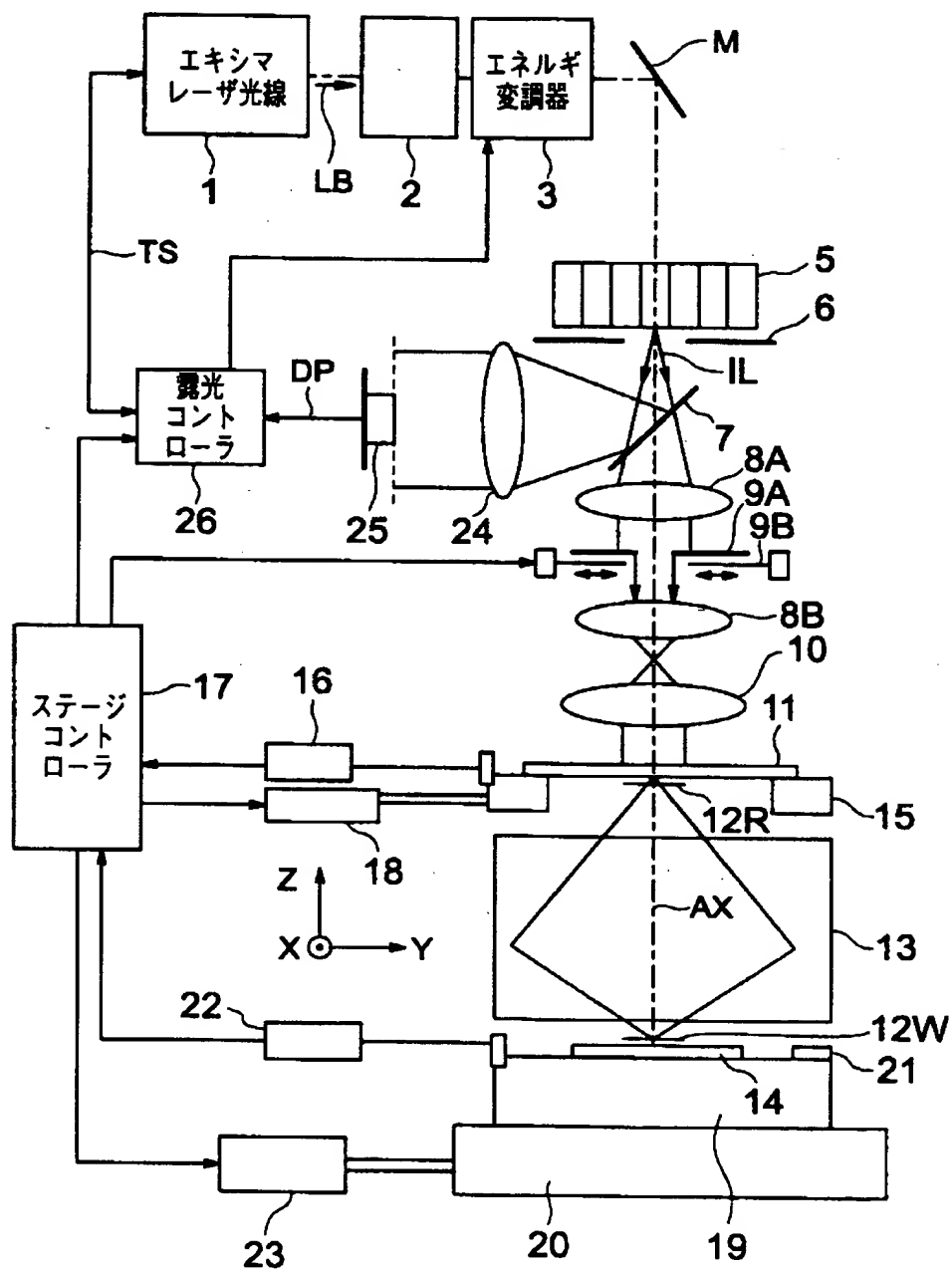
- 1 … エキシマレーザ光源
- 3 … エネルギー変調器
- 7 … ビームスプリッタ
- 1 1 … レチクル（マスク）
- 1 3 … 投影光学系
- 1 4 … ウエハ（基板）

1 9 … Z ステージ
 2 0 … X Y ステージ
 2 5 … インテグレータセンサ
 2 6 … 露光コントローラ
 3 1 … スリット板
 4 0 … 振動ミラー
 4 2 … プレーンパラレル
 4 3 … 駆動回路
 4 4 … スリット板
 4 5 … フォトマルチプライヤ
 4 6 … 発振器
 4 7 … 同期検波回路
 4 8 … Z 駆動回路
 5 0 … 処理装置
 L B … レーザビーム
 A X … 光軸
 D B … 検出光
 S Z … 検波信号
 B F … ベストフォーカス
 E P … 露光位置
 S P … シフト位置
 B P … 段差
 Z 1 ~ Z 3, z 0 ~ z 2 … Z 方向の位置

【書類名】 図面

【図 1】

図 1



【図 2】

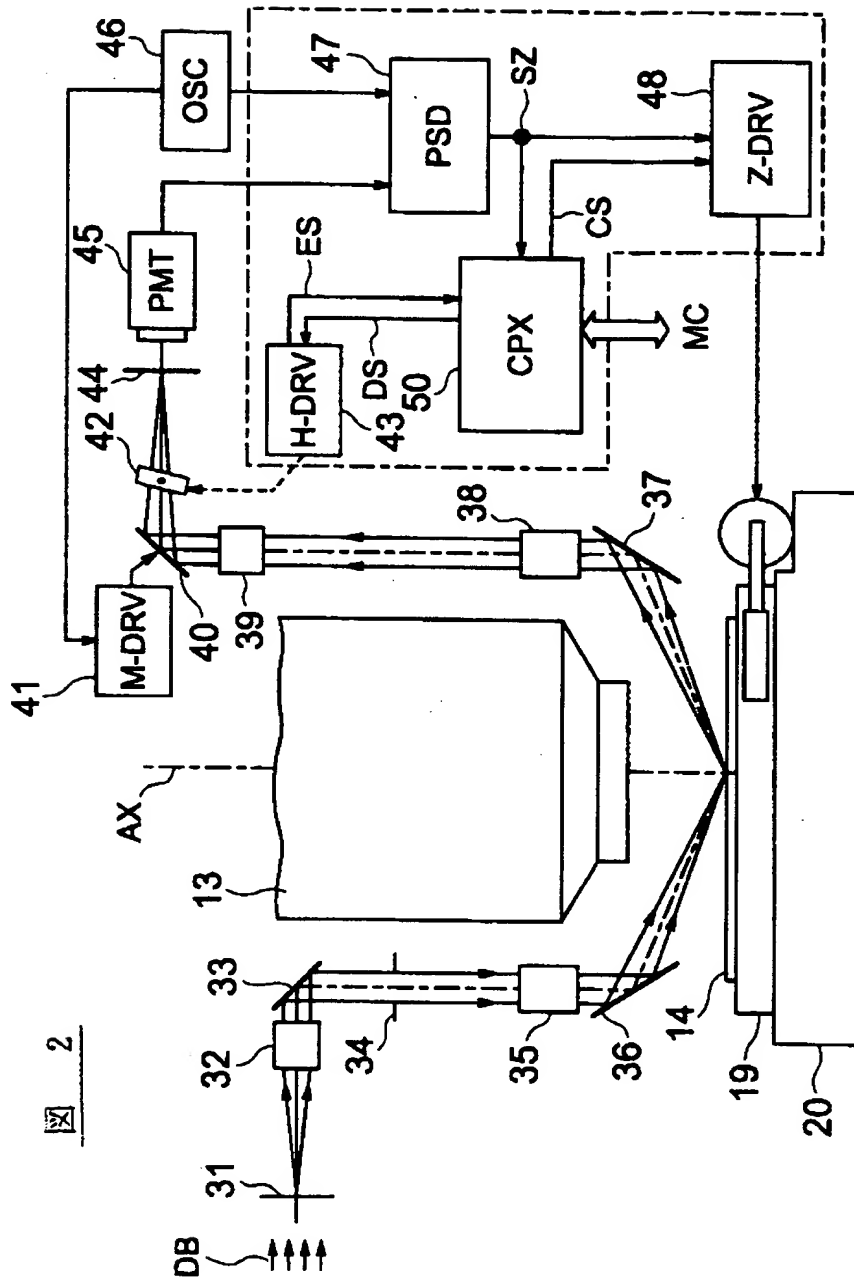
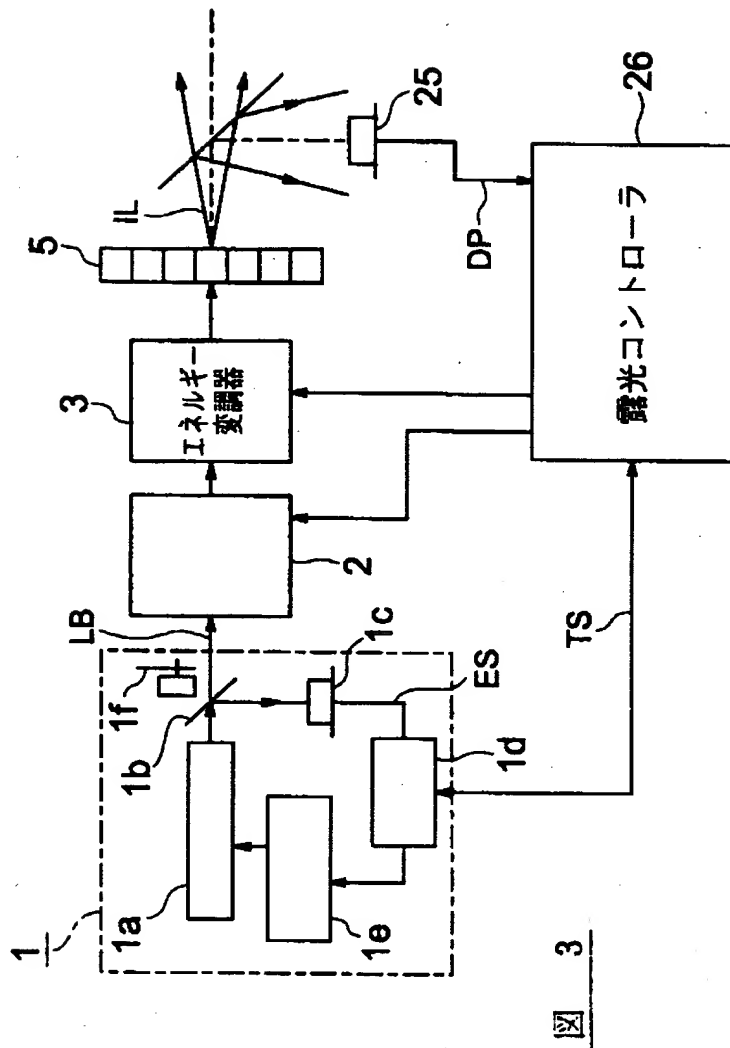


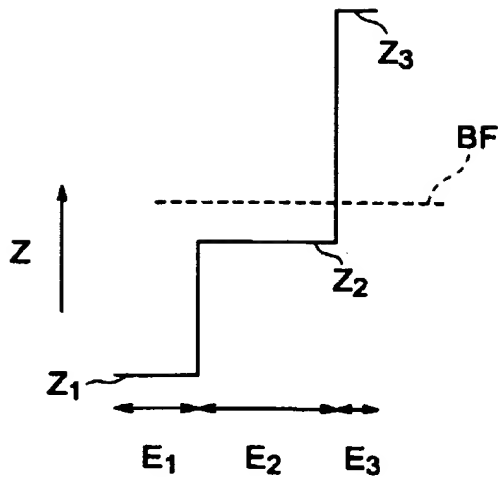
図 2

【図 3】

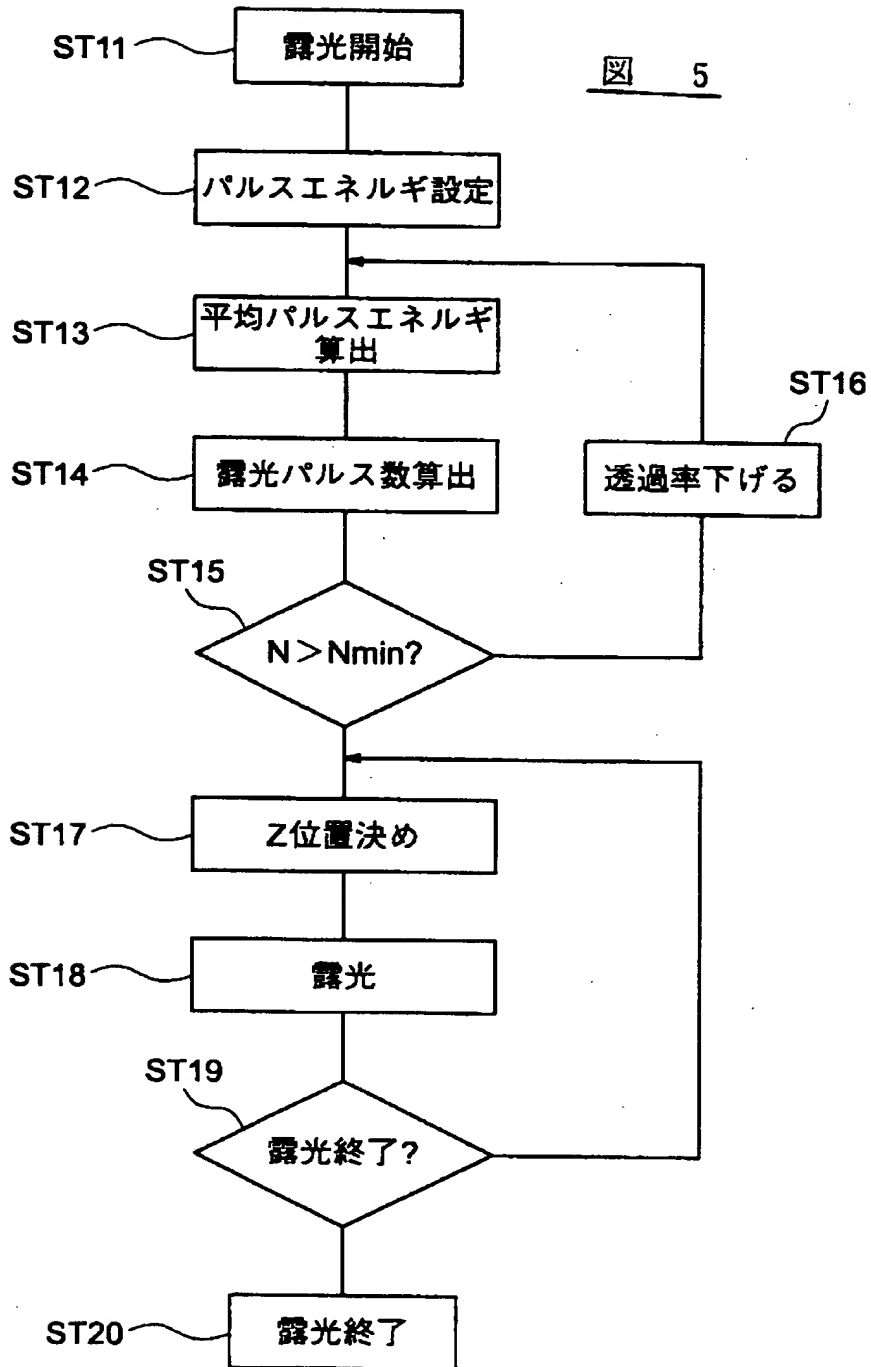


【図 4】

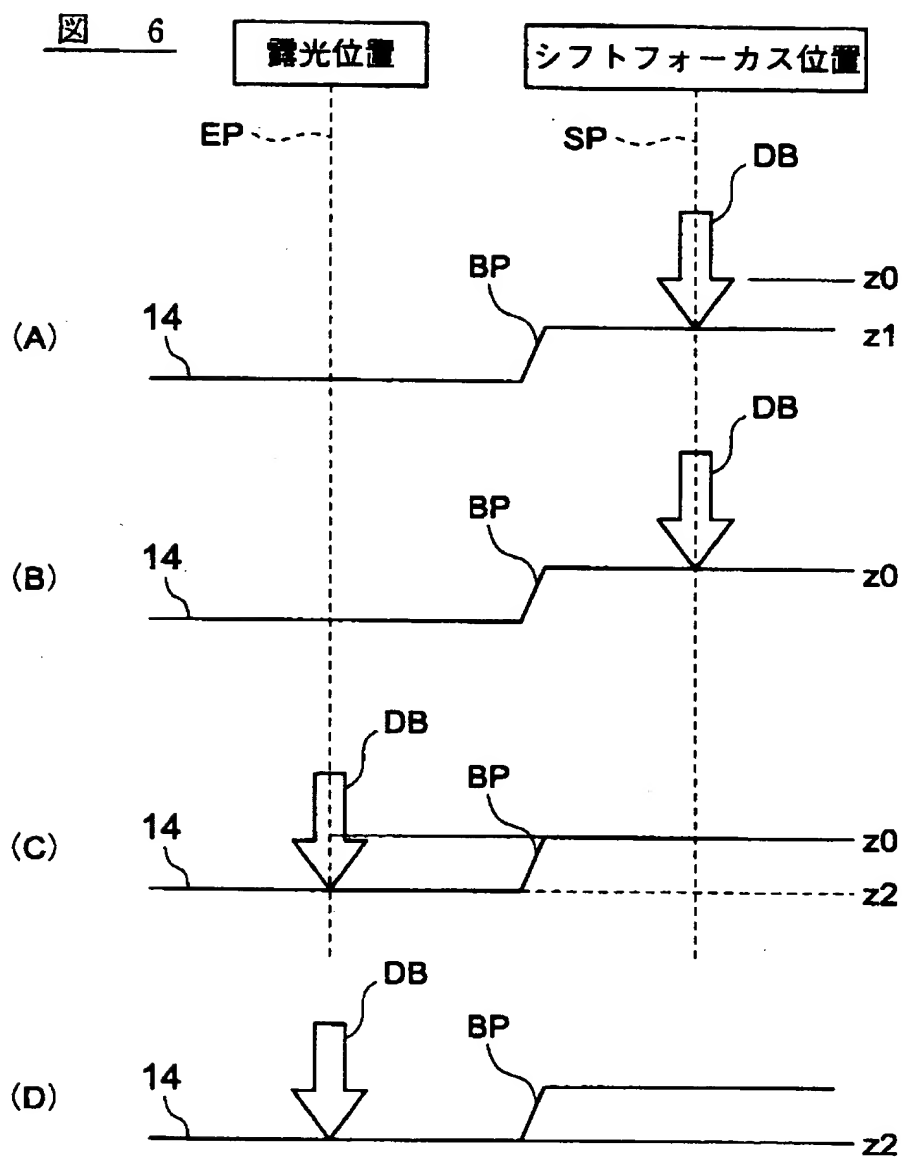
図 4



【図 5】

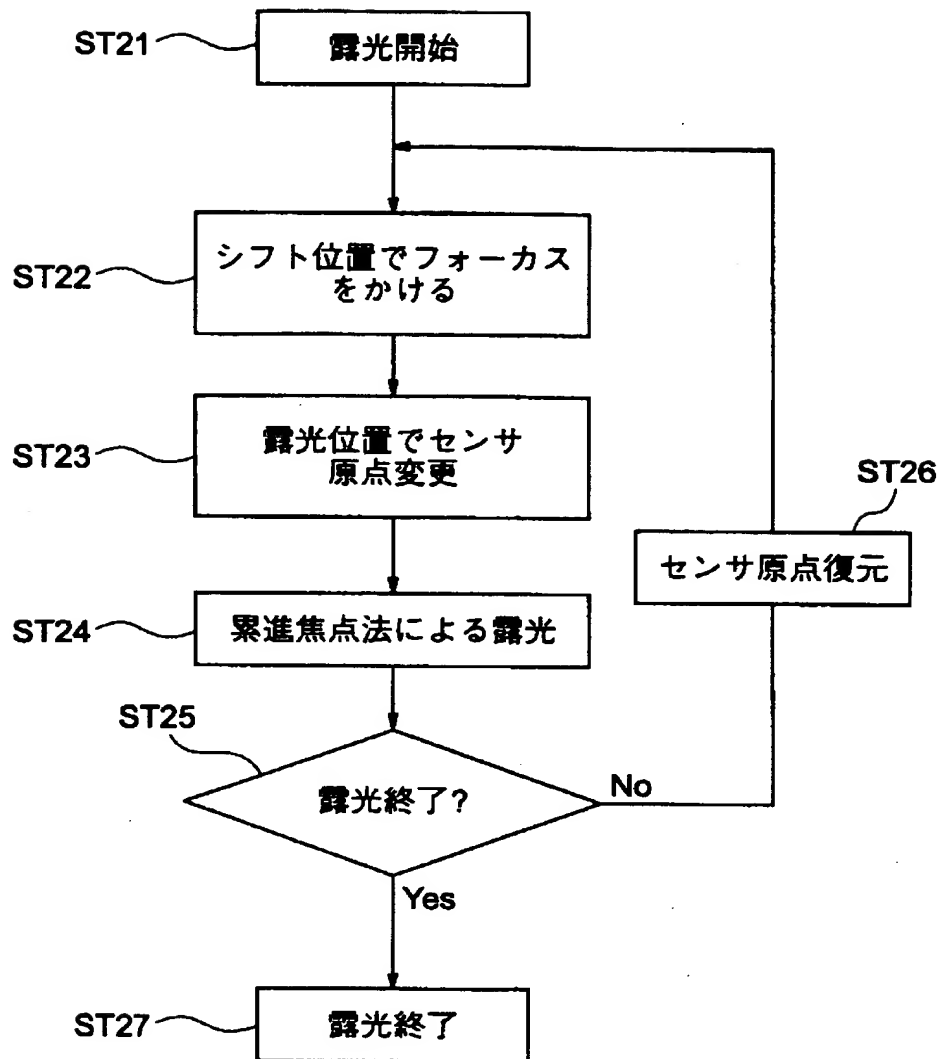


【図 6】



【図 7】

図 7



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 露光光としてパルス光を用いて段階累進焦点法を実施する場合に、十分な露光量制御精度再現性を実現することである。

【解決手段】 露光対象としての基板をパルス光が照射される方向（Z 方向）の複数の位置 Z 1，Z 2，Z 3 でそれぞれ該パルス光による該基板に対する露光量 E 1，E 2，E 3 を異ならせつつ、パターンが形成されたマスクを介して該基板の同一箇所を複数回露光する露光方法において、前記複数の位置 Z 1，Z 2，Z 3 のうち前記露光量 E 1，E 2，E 3 が最大となる位置 Z 2 における前記パルス光の積算パルス数（N）が所定のパルス数（N_{min}）以上となるように、該パルス光のエネルギーを設定する。

【選択図】 図 4

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 1 6 1 4 2 7
受付番号	5 0 0 0 0 6 7 1 6 5 9
書類名	特許願
担当官	小菅 博 2 1 4 3
作成日	平成 1 2 年 6 月 8 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000004112
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号
【氏名又は名称】	株式会社ニコン

【代理人】

申請人

【識別番号】	100097180
【住所又は居所】	東京都千代田区猿楽町 2 丁目 1 番 1 号 桐山ビル 前田・西出国際特許事務所
【氏名又は名称】	前田 均

【代理人】

【識別番号】	100099900
【住所又は居所】	東京都千代田区猿楽町 2 丁目 1 番 1 号 桐山ビル 前田・西出国際特許事務所
【氏名又は名称】	西出 眞吾

【選任した代理人】

【識別番号】	100111419
【住所又は居所】	東京都千代田区猿楽町 2 丁目 1 番 1 号 桐山ビル 前田・西出国際特許事務所
【氏名又は名称】	大倉 宏一郎

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名 株式会社ニコン